

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 46 700.5

**Anmeldetag:** 7. Oktober 2002

**Anmelder/Inhaber:** Rohde & Schwarz GmbH & Co KG, München/DE

**Bezeichnung:** Meßvorrichtung, insbesondere vektorieller Netzwerkanalysator, mit getrennten Oszillatoren

**IPC:** G 01 R 27/28

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 25. Juni 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'R. Lutz' or a similar variation, is written over a stylized, horizontal, oval-shaped flourish.

Lutz

**Meßvorrichtung, insbesondere vektorieller  
Netzwerkanalysator, mit getrennten Oszillatoren**

5 Die Erfindung betrifft eine Meßvorrichtung, insbesondere einen vektoriellen Netzwerkanalysator. Netzwerkanalysatoren dienen der Charakterisierung eines Meßobjekts durch Messung von Wellengrößen, insbesondere von S-Parametern.

10

Wenn das Meßobjekt beispielsweise ein 2-Tor ist, wird in einer Vorwärts-Messung die zu einem ersten Tor des Meßobjekts laufende Welle, die von dem ersten Tor des Meßobjekts reflektierte Welle sowie die durch das

15 Meßobjekt transmittierte und an dem zweiten Tor austretende (vorwärts übertragene) Welle gemessen. Bei einer Rückwärts-Messung wird die zu dem zweiten Tor des Meßobjekts laufende Welle, die von dem zweiten Tor reflektierte Welle sowie die durch das Meßobjekt  
20 transmittierte und am ersten Tor austretende (rückwärts übertragene) Welle gemessen. Aus diesen gemessenen Wellengrößen können dann verschiedene Parameter berechnet werden, beispielsweise die sogenannten S-Parameter, der Reflexionsfaktor, die Verstärkung oder die Eingangs- bzw.  
25 Ausgangsimpedanz. Wird nur die Amplitude der Wellen erfaßt, so handelt es sich um einen skalaren Netzwerkanalysator. Wird Amplitude und Phase erfaßt, so spricht man von einem vektoriellen Netzwerkanalysator.

30 Solche Netzwerkanalysatoren sind aus dem Stand der Technik umfangreich bekannt. Ein skalarer Netzwerkanalysator ist z. B. aus der DE 198 57 834 A1 bekannt. Der aus dieser Druckschrift hervorgehende Netzwerkanalysator dient zur Vermessung eines 2-Tors und umfaßt zwei Anregungs-/Erfassungseinheiten. Die Anregungs-/Erfassungseinheiten sind jeweils mit einem Signalgenerator zur Erzeugung eines Anregungssignals versehen, um das mit der jeweiligen Anregungs-/Erfassungseinheit verbundene Tor des Meßobjekts mit einem Anregungssignal anzuregen. Über einen Richt-

koppler wird einerseits das Anregungssignal ausgekoppelt und jeweils einer ersten Empfangseinheit zugeführt, während das von dem zugeordneten Tor des Meßobjekts reflektierte Signal bzw. das durch das Meßobjekt 5 transmittierte und an dem zugeordneten Tor austretende Signal über den Richtkoppler ebenfalls ausgekoppelt und einer separaten Empfangseinrichtung zugeführt wird. Die Anregungsfrequenzen der Signalgeneratoren sind durch einen Prozessor über Steuersignale getrennt und unabhängig für 10 die Anregungs-/Erfassungseinheiten einstellbar. Aus der Druckschrift geht jedoch nicht hervor, ob die Empfangseinrichtungen nach dem Superheterodynprinzip arbeiten und das empfangene Signal in einem Mischer zunächst in eine Zwischenfrequenzlage umsetzen. Die dafür 15 benötigten Mischer sind nicht beschrieben und die dafür benötigten Lokaloszillatoren sind nicht dargestellt. Für einen skalaren Netzwerkanalysator sind diese auch nicht notwendig. Vor allem geht aus der Druckschrift nicht hervor, daß diese für die Mischung in die 20 Zwischenfrequenzlage benötigten Lokaloszillatoren separat für die beiden Anregungs-/Erfassungseinheiten vorhanden wären und unabhängig voneinander ansteuerbar wären. Die Signalgeneratoren sind in keiner Weise phasensynchron- angesteuert oder phasensynchronisiert und sind deshalb nur 25 für eine skalare nicht aber für eine vektorielle Netzwerkanalyse geeignet.

Daß es beim Stand der Technik bislang nicht möglich ist, die die Mischer der Empfangseinrichtungen versorgenden 30 lokalen Oszillatoren der unterschiedlichen Tore des Netzwerkanalysators so getrennt anzusteuern, daß die Oszillatoren der einzelnen Tore auf unterschiedlichen Frequenzen betrieben werden, hat mehrere Nachteile. Besonders gravierende Nachteile sind das sogenannte Spiegelfrequenz- 35 problem und das sogenannte Summenfrequenzproblem. Hierauf wird später anhand der Fig. 2 und 3 noch im Detail eingegangen. Der Empfang des Spiegelsignals und des Summensignals konnte bisher nur durch aufwendige und die Meßdynamik einschränkende Isolationsempfänger in den

Empfangspfaden unterdrückt werden, wobei die Unterdrückung nicht für alle Meßaufgaben hinreichend ist. Bei einem frequenzumsetzenden Meßobjekt ist ferner die gleichzeitige Messung aller Vorwärtsparameter und aller Rückwärtsparameter nicht möglich, da die Empfangseinrichtungen der unterschiedlichen Tore gleichzeitig nur auf einer Frequenz empfangen können. Mehrtonmessungen, beispielsweise Intermodulations-Messungen, können nur mit zusätzlichen Signalgeneratoren durchgeführt werden.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, eine Meßvorrichtung, insbesondere einen vektoriellen Netzwerkanalysator, zu schaffen, bei welchem insbesondere das Summenfrequenzproblem und das Spiegelfrequenzproblem beseitigt ist.

Die Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Erfindungsgemäß hat jede Anregungs-/Empfangseinheit zumindest einen eigenen und von dem Signalgenerator getrennten Oszillatator, der das Oszillatorsignal für die Mischer der dieser Anregungs-/Empfangseinheit zugeordneten Empfangseinrichtungen erzeugt, so daß die Frequenz und/oder die Phase des Oszillatorsignals unabhängig von der Frequenz und/oder Phase der Oszillatorsignale der Oszillatoren der anderen Anregungs-/Empfangseinheiten einstellbar ist. Dadurch ist es möglich, die Empfangseinrichtungen der unterschiedlichen Anregungs-/Empfangseinheiten mit unterschiedlichen Zwischenfrequenzen zu betreiben. Dies hat, wie anhand der Fig. 3 und 4 später noch genauer erläutert werden wird, zunächst den Vorteil, daß das Spiegelfrequenzproblem und das Summenfrequenzproblem beseitigt werden kann.

Vorteilhafte Weiterbildungen gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Es ist äußerst vorteilhaft, wenn jede Anregungs-/Empfangseinheit nicht nur einen eigenen, separat einstellbaren Oszillator, sondern auch einen eigenen, ebenfalls separat einstellbaren Signalgenerator für das Anregungssignal hat. Dies hat zunächst gegenüber der bisher üblichen Lösung eines zentralen Signalgenerators, der über eine Umschaltmatrix mit jeweils einem Tor verbindbar ist, den Vorteil, daß die aufwendige Umschaltmatrix entfallen kann. Immerhin ist hierbei eine Schalterisolation in der Größenordnung von 140 dB erforderlich, was mit einem Aufwand verbunden ist. Außerdem ist die Lebensdauer der Umschaltmatrix bei Verwendung von mechanischen Schaltern begrenzt und mechanische Schalter erhöhen aufgrund der relativ langen Schaltzeit deutlich die Meßzeit. Bei Verwendung von elektronischen Schaltern besteht die Problematik der Verschlechterung der Signalqualität und der Meßdynamik. Diese Probleme können durch die Anordnung von Signalgeneratoren in allen Anregungs-/Empfangseinheiten beseitigt werden. Außerdem sind Mehrton-Anregungen möglich, um beispielsweise das Intermodulations-Verhalten messen zu können. Dazu werden zwei Tore der Meßvorrichtung mit einem Eingang des Meßobjekts verbunden. Ferner ist die gleichzeitige Messung der Vorwärtsparameter und der Rückwärtsparameter möglich, da die Anregung in Vorwärtsrichtung und in Rückwärtsrichtung auf unterschiedlichen Frequenzen erfolgen kann.

Die Oszillatoren und Signalgeneratoren können über Steuerleitungen, insbesondere ein Bus-System, insbesondere ein LAN-Bus-System, mit einer zentralen Steuereinheit verbunden sein, durch welche die Frequenzen und Phasenlagen sowohl der Signalgeneratoren als auch der lokalen Oszillatoren vorgegeben werden können.

Die einzelnen Anregungs-/Empfangseinheiten können als Einschubeinheiten in ein gemeinsames Gehäuse einschiebbar sein. Dadurch kann ein universelles Gehäuse der Meßvorrichtung mit unterschiedlich vielen Anregungs-/Empfangseinheiten ausgestattet werden.

einheiten bestückt werden. Dadurch kann z.B. ein Mehrtor-Netzwerkanalysator mit einer variablen Anzahl von Meßtoren realisiert werden. Auch ist es möglich, die Anregungs-/Empfangseinheiten in der Nähe des Meßobjekts getrennt von 5 einem Hauptgehäuse anzuordnen.

Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnung anhand eines Ausführungsbeispiels beschrieben. In der Zeichnung zeigen:

10

Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Meßvorrichtung in Form eines vektoriellen Netzwerkanalysators;

15

Fig. 2 einen Netzwerkanalysator nach dem Stand der Technik zur Erläuterung der sich dabei ergebenden Problematik der Spiegelfrequenz und der Summenfrequenz; und

20

Fig. 3 das Spektrum des S-Parameters  $S_{21}$  mit schematischer Darstellung der Auswirkung der Spiegelfrequenz und der Summenfrequenz, welche bei der erfindungsgemäßen Meßvorrichtung nicht auftreten.

25

Fig. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Meßvorrichtung 1. Im gezeigten Ausführungsbeispiel handelt es sich bei der Meßvorrichtung um einen Vektor-Netzwerkanalysator. Die erfindungsgemäße Meßvorrichtung 1 ist jedoch nicht auf Netzwerkanalysatoren eingeschränkt. Dargestellt ist ferner das Ausführungsbeispiel eines 2-Tor-Netzwerkanalysators. Dabei ist hervorzuheben, daß das erfindungsgemäße Konzept bei vektoriellen Netzwerkanalysatoren nicht auf 2-Tor-Netzwerkanalysatoren 30 beschränkt ist, sondern sich gerade besonders bei Mehrtor-Netzwerkanalysatoren mit mehr als zwei Meßtoren eignet. 35

Gemäß dem erfindungsgemäßen Konzept ist an jedem Tor  $T_1$ ,  $T_2$  der Meßvorrichtung 1 eine separate Anregungs-/Empfangs-

einheit  $2_1$  bzw.  $2_2$  vorhanden. Jede Anregungs-/Empfangseinheit  $2_1$  bzw.  $2_2$  verfügt über einen Signalgenerator  $SO1$  bzw.  $SO2$ , mit welchem das Meßobjekt DUT mit einem Anregungssignal beaufschlagbar ist. Es kann entweder nur 5 einer der beiden Signalgeneratoren  $SO1$  bzw.  $SO2$  aktiv sein oder es können auch beide Signalgeneratoren  $SO1$  und  $SO2$  jeweils ein Anregungssignal aussenden.

10 Im dargestellten Anwendungsfall ist das Meßobjekt ein 2-Tor, beispielsweise ein Bandpaß, ein Verstärker, eine Dämpfungsschaltung oder dergleichen. Jedes der beiden Tore des Meßobjekts DUT ist über eine Meßleitung  $3_1$  bzw.  $3_2$  mit einem der beiden Tore  $T1$  bzw.  $T2$  der Meßvorrichtung 1 verbunden.

15 Die Signalgeneratoren  $SO1$  und  $SO2$  sind jeweils über ein variables Dämpfungsglied  $3_1$  bzw.  $3_2$  und jeweils einen Verstärker  $4_1$  bzw.  $4_2$  mit einem Signal-Verteiler (signal splitter)  $5_1$  bzw.  $5_2$  verbunden. Ein Signalzweig  $6_1$  bzw.  $6_2$  20 steht jeweils über eine Brücke (Richtkoppler)  $7_1$  bzw.  $7_2$  mit dem zugeordneten Tor  $T1$  bzw.  $T2$  in Verbindung. Der andere Zweig  $8_1$  bzw.  $8_2$  ist mit einem Mischer  $10_1$  bzw.  $10_2$  einer ersten Empfangseinrichtung  $9_1$  bzw.  $9_2$  der jeweiligen Anregungs-/Empfangseinheit  $2_1$  bzw.  $2_2$  verbunden. Die erste 25 Empfangseinrichtung  $9_1$  bzw.  $9_2$  empfängt somit, wenn der zugehörige Signalgenerator  $SO1$  bzw.  $SO2$  aktiv ist, das Anregungssignal. Ferner wird dem Mischer  $10_1$  bzw.  $10_2$  ein Oszillatorsignal zugeführt, das von einem internen Oszillator  $LO1$  bzw.  $LO2$  der jeweiligen Anregungs- 30 /Empfangseinheit  $2_1$  bzw.  $2_2$  erzeugt wird und dem Mischer  $10_1$  bzw.  $10_2$  über einen Signal-Verteiler (signal splitter)  $11_1$  und  $11_2$  und jeweils einen Verstärker  $12_1$  bzw.  $12_2$  zugeführt wird.

35 Der gleiche Oszillator  $LO1$  bzw.  $LO2$  versorgt über den anderen Signalzweig der Signal-Verteiler  $11_1$  bzw.  $11_2$  und einen entsprechenden Verstärker  $13_1$  bzw.  $13_2$  einen Mischer  $14_1$  bzw.  $14_2$  einer zweiten Empfangseinrichtung  $15_1$  bzw.  $15_2$  der jeweiligen Anregungs-/Empfangseinheit  $2_1$  bzw.  $2_2$ .

Der Mischer  $14_1$  bzw.  $14_2$  steht über einen Isolations-Verstärker  $16_1$  bzw.  $16_2$  und die Brücke  $7_1$  bzw.  $7_2$  mit dem zugeordneten Tor  $T1$  bzw.  $T2$  in Verbindung. Somit erhält die zweite Empfangseinrichtung  $15_1$  das von dem zugehörigen 5 Tor  $T1$  empfangene, von dem Meßobjekt zum Tor  $T1$  reflektierte oder durch das Meßobjekt DUT von dem Tor  $T1$  zum Tor  $T2$  transmittierte Signal. Entsprechend empfängt die zweite Empfangseinrichtung  $15_2$  der Anregungs-/Empfangseinheit  $2_2$  das von dem Meßobjekt DUT zum Tor  $T2$  10 reflektierte oder durch das Meßobjekt DUT vom Tor  $T1$  zum Tor  $T2$  transmittierte Signal. Die Mischer  $10_1$  und  $14_1$  der ersten Anregungs-/Empfangseinheit  $2_1$  setzen das empfangene 15 Signal in eine erste Zwischenfrequenzlage mit der Zwischenfrequenz  $f_{IF1}$  um, während die Mischer  $10_2$  und  $14_2$  der zweiten Anregungs-/Empfangseinheit  $2_2$  das empfangene Signal in eine zweite Zwischenfrequenzlage mit der Zwischenfrequenz  $f_{IF2}$  umsetzen. Dabei sind die Zwischenfrequenzen  $f_{IF1}$  und  $f_{IF2}$  nicht notwendigerweise identisch. Darin liegt ein entscheidender Vorteil der erfindungs- 20 gemäßen Weiterbildung.

Das von den Mischern  $10_1$  bzw.  $10_2$  erzeugte Zwischenfrequenz-Referenzsignal IF Ref 1 bzw. IF Ref 2 sowie das von den Mischern  $14_1$  bzw.  $14_2$  erzeugte 25 Zwischenfrequenz-Meßsignal IF Meas 1 bzw. IF Meas 2 wird einem Analog/Digital-Wandler 17 zugeführt, welcher mit einer Signalauswertungs- und Steuereinheit 18 in Verbindung steht. In dieser erfolgt eine Auswertung der Referenzsignale und der Meßsignale. Die Signalauswertungs- 30 und Steuereinheit 18 steuert ferner über Steuerleitungen 19, 20, 21 und 22 die Signalgeneratoren SO1 und SO2 sowie die Oszillatoren LO1 und LO2 so an, daß diese ein Signal mit vorbestimmter Frequenz  $f_{SO1}$ ,  $f_{LO1}$ ,  $f_{SO2}$  bzw.  $f_{LO2}$  und mit vorbestimmter Phase  $\phi_{SO1}$ ,  $\phi_{LO1}$ ,  $\phi_{SO2}$  und  $\phi_{LO2}$  erzeugen. 35

Über weitere Steuerleitungen 23 und 24 steht die Auswerte- und Steuereinheit 18 mit den einstellbaren Dämpfungs-gliedern  $3_1$  und  $3_2$  in Verbindung, so daß die Signal- 35 amplitude des von den Signalgeneratoren SO1 und SO2

erzeugten Anregungssignals steuerbar ist. Da die Ist-Amplitude des Anregungssignals über die Zwischenfrequenz-Referenzsignale IF Ref 1 und IF Ref 2 erfaßt werden, kann auf diese Weise eine Regelschleife zur exakten Regelung 5 der Anregungssamplitude gebildet werden.

Die Steuerleitungen 19 bis 23 können zu einem Bus-System 25, insbesondere einem LAN-Bus-System, zusammengefaßt werden.

10

Erfindungsgemäß ist wesentlich, daß nicht, wie beim Stand der Technik, ein gemeinsamer Oszillator zur Versorgung sämtlicher Mischgeräte  $10_1$ ,  $10_2$ ,  $14_1$ ,  $14_2$  vorhanden ist, sondern jeweils ein eigener, separater Oszillator  $LO_1$  für 15 die erste Anregungs-/Empfangseinheit  $2_1$  einerseits und  $LO_2$  für die zweite Anregungs-/Empfangseinheit  $2_2$  andererseits. Dadurch können die den Mischern  $10_1$  und  $14_1$  einerseits und den Mischern  $10_2$  und  $14_2$  andererseits zugeführten Oszillatoren 20 signale hinsichtlich ihrer Frequenz- und/oder Phasenlage unterschiedlich eingestellt werden. Durch die Möglichkeit der unterschiedlichen Frequenzeinstellung besteht die Möglichkeit der Zwischenfrequenzen  $f_{IF1}$  und  $f_{IF2}$  der beiden Anregungs-/Empfangseinheiten  $2_1$  und  $2_2$  unterschiedlich zu wählen. Dies hat den Vorteil, daß das 25 bei konventionellen Netzwerkanalysatoren bestehende Spiegelfrequenzproblem und Summenfrequenzproblem beseitigt ist, was nachfolgend anhand der Fig. 2 und 3 näher erläutert wird.

30 Durch unterschiedliche Einstellung der Phasen  $\varphi_{LO1}$ ,  $\varphi_{LO2}$  bzw.  $\varphi_{SO1}$ ,  $\varphi_{SO2}$  können Laufzeitunterschiede, beispielsweise in den Meßleitungen  $3_1$  und  $3_2$  ausgeglichen werden.

Zum besseren Verständnis des von der vorliegenden 35 Erfindung überwundenen Spiegelfrequenzproblems und Summenfrequenzproblems wird diese Problematik nachfolgend anhand der Fig. 2 an einem konventionellen Netzwerkanalysator erläutert. Fig. 3 zeigt das zugehörige Spektrum des S-

Parameters  $S_{21}$ , welche die Transmission vom Tor T1 zum Tor T2 beschreibt.

Der in Fig. 2 dargestellte konventionelle Netzwerkanalysator unterscheidet sich dadurch wesentlich von dem in Fig. 1 dargestellten erfindungsgemäßen Netzwerkanalysator, daß nur ein einziger lokaler Oszillatator LO vorhanden ist, der über einen Signal-Verteiler (signal splitter) 30 sowohl den Mischer 14<sub>1</sub> der Empfangseinrichtung 15<sub>1</sub> als auch den Mischer 14<sub>2</sub> der Empfangseinrichtung 15<sub>2</sub> versorgt. Es sind also nicht, wie in Fig. 1, separate Oszillatoren LO1 und LO2 für jede Anregungs-/Empfangseinheit vorhanden. Die Empfangseinrichtungen 9<sub>1</sub> und 9<sub>2</sub> für das Referenzsignal sind der Übersichtlichkeit halber in Fig. 2 nicht dargestellt.

Ein weiterer Unterschied des in Fig. 2 dargestellten konventionellen Netzwerkanalysators gegenüber dem in Fig. 1 dargestellten, erfindungsgemäßen Netzwerkanalysator besteht darin, daß nur ein einziger Signalgenerator SO vorhanden ist, der über eine Schalteinrichtung 31 zwischen dem Tor T1 und dem Tor T2 umschaltbar ist. Diese Umschalteinrichtung bzw. Umschaltmatrix hat die in der Beschreibungseinleitung bereits ausführlich beschriebenen Nachteile.

Der Entstehungsmechanismus des Spiegelfrequenzproblems ist der folgende:

Es sei angenommen, daß es sich bei dem Meßobjekt um einen Bandpaß handelt, der beispielsweise einen Durchlaßbereich im Bereich bei 2,22 GHz hat. Wenn die zum Meßobjekt hinlaufende Welle a<sub>1</sub> eine Frequenz von 2,18 GHz hat, so wird diese von dem Bandpaß gesperrt. Die Welle wird von dem Meßobjekt reflektiert und gelangt nahezu ungedämpft als reflektiertes Signal mit der Frequenz  $f_{RF} = 2,18$  GHz zum Mischer 14<sub>1</sub>, was auch beabsichtigt ist. Dort wird es mit dem Oszillatorsignal, das beispielsweise eine Frequenz von 2,20 GHz hat, auf eine Zwischenfrequenz  $f_{IF}$  von im

Beispiel 0,02 GHz umgesetzt ( $f_{IF} = f_{LO} - f_{RF}$ ). Als Störsignal entsteht jedoch, wie bei Superheterodyn-empfängern üblich, zusätzlich ein Signal bei der Spiegelfrequenz  $f_{LO} + f_{IF} = 2 \cdot f_{LO} - f_{RF}$ . Grundsätzlich liegt 5 die Spiegelfrequenz also immer  $2 \cdot f_{IF}$  oberhalb der Empfangsfrequenz  $f_{RF}$ , in dem Beispiel also bei 2,22 GHz. Dieses Signal verläßt den Mischer 14<sub>1</sub> in Richtung auf das Tor T1 und fällt somit in den Durchlaßbereich des als 10 Bandpaß ausgebildeten Meßobjekts DUT. Das heißt, das Signal transmittiert das Meßobjekt DUT nahezu ungedämpft und wird durch den Mischer 14<sub>2</sub> als Spiegelfrequenzsignal empfangen, da die Oszillatorkfrequenz in diesem Beispiel 2,20 GHz beträgt. Irrtümlich wird dieses Signal aber einer 15 Empfangsfrequenz von  $f_{LO} - f_{IF} = 2,20 \text{ GHz} - 0,02 \text{ GHz} = 2,18 \text{ GHz}$  zugeordnet.

Bei der Messung von Bandpaßfiltern mit konventionellen Netzwerkanalysatoren tritt also immer ein tatsächlich nicht vorhandener, nur scheinbarer, parasitärer 20 zusätzlicher Durchlaßbereich auf, der um  $2 \cdot f_{IF}$  unterhalb des tatsächlichen Durchlaßbereichs liegt. Für die oben genannten Beispieldfrequenzen ist dieser parasitäre Durchlaßbereich in Fig. 3 durch eine gestrichelte Linie 40 angedeutet, während die durchgezogene Linie 41 dem 25 tatsächlichen Durchlaßbereich des zu messenden Bandpasses entspricht.

Dieser Problematik wurde bisher durch eine hohe Rückwärts-dämpfung der in Fig. 1 dargestellten Isolations-Verstärker 30 16<sub>1</sub> und 16<sub>2</sub> entgegengewirkt. Der hierbei notwendige Aufwand ist jedoch erheblich.

Bei dem in Fig. 1 dargestellten, erfindungsgemäßen Netzwerkanalysator können die Zwischenfrequenzen IF Meas 1 und 35 IF Meas 2 unterschiedlich gewählt werden, da separate Oszillatoren LO1 und LO2 vorhanden sind, deren Frequenzen  $f_{LO1}$  und  $f_{LO2}$  unterschiedlich eingestellt werden können. Bei unterschiedlicher Wahl der Zwischenfrequenzen fällt das durch das Meßobjekt transmittierte Signal, das um

$2 \cdot f_{IF1}$  höher als  $f_{RF}$  liegt, nicht in den Empfangsbereich des Mischers 14<sub>2</sub> und wird bei der Signalauswertung folglich nicht wahrgenommen. Nur wenn der Betrag von  $f_{LO1} - f_{LO2}$  kleiner als die Bandbreite des in der Auswerte- und 5 Steuereinrichtung 18 vorgesehenen Auswerte-Filters ist, tritt das vorstehend geschilderte Spiegelfrequenzproblem auf.

Ein weiteres Problem des in Fig. 2 dargestellten konventionellen Netzwerkanalysators ist die Summenfrequenzproblematik. Die erreichbare Meßdynamik wird durch ein Störsignal begrenzt, welches durch die Summe von Empfangssignal und Oszillatorsignal erzeugt wird. Dieser Entstehungsmechanismus sei nachfolgend ebenfalls am Beispiel 10 der Übertragungsfunktion eines Bandpasses erläutert:  
15

Das Anregungssignal gelangt über die Umschalteinrichtung 31 und die Brücke 7<sub>1</sub> an das Tor T1 und somit zum Meßobjekt DUT. Nur ein verschwindend kleiner Anteil wird im 20 Sperrbereich des als Bandpaß ausgebildeten Meßobjekts zum Tor T2 transmittiert. Nahezu die gesamte hinlaufende Welle  $a_1$  wird am Meßobjekt DUT reflektiert und gelangt über die Brücke 7<sub>1</sub> zum Empfangsmischer 14<sub>1</sub>. Dort wird es mit dem Oszillatorsignal der Frequenz  $f_{LO}$  umgesetzt. Unter anderem 25 entsteht als Mischprodukt die Summenfrequenz  $f_{RF} + f_{LO}$ , die mit geringem Pegel (z.B. um ca. 30 dB gedämpft) aus dem Tor T1 zum Meßobjekt DUT zurückgelangt, dies ist nahezu ungedämpft passiert und das Tor T2 erreicht. Im Mischer 14<sub>2</sub> wird es durch Mischung mit der parasitär 30 vorhandenen doppelten Oszillatorkfrequenz  $2 \cdot f_{LO}$  in die Zwischenfrequenzlage  $(2 \cdot f_{LO}) - (f_{RF} + f_{LO}) = f_{LO} - f_{RF}$  umgesetzt und tritt somit als ein dynamikbegrenzendes Störsignal auf. Das dadurch entstehende zusätzliche 35 Summensignal, welches die Messung verfälscht, ist in Fig. 3 schematisch durch die strichpunktierter Linie 42 veranschaulicht.

Auch hier kann durch die Isolations-Verstärker 16<sub>1</sub> und 16<sub>2</sub> diesem Störsignal entgegengewirkt werden. In der Praxis

zeigt sich, daß für eine ausreichende Unterdrückung des Störsignals allerdings eine Isolation von mehr als 70 dB in den Isolations-Verstärkern  $16_1$  und  $16_2$  erforderlich ist, was einen enormen Aufwand bedeutet.

5

Der Aufwand in den Isolations-Verstärkern  $16_1$  und  $16_2$  kann bei dem erfindungsgemäßen Netzwerkanalysator ebenfalls erheblich verringert werden, indem die beiden Oszillatorenfrequenzen  $f_{LO1}$  und  $f_{LO2}$  und somit die Zwischenfrequenzen  $f_{IF1}$  und  $f_{IF2}$  unterschiedlich gewählt werden.

Die Vorteile des erfindungsgemäßen Netzwerkanalysators, bzw. allgemein der erfindungsgemäßen Meßvorrichtung, beziehen sich jedoch nicht nur auf die Spiegelfrequenzproblematik und die Summenfrequenzproblematik. Zu erwähnen ist zunächst, daß auch ein Zwischenfrequenz-Übersprechen bei unterschiedlicher Wahl der Zwischenfrequenzen vermieden wird.

Ein wesentlicher Vorteil ist auch, daß gleichzeitig in Vorwärtsrichtung und in Rückwärtsrichtung gemessen werden kann, da die Empfangseinrichtungen  $15_1$  und  $15_2$  gleichzeitig auf unterschiedlichen Frequenzen empfangen können. Dadurch wird die Meßzeit erheblich verringert.

25

Weitere wesentliche Vorteile entstehen dadurch, daß jede Anregungs-/Empfangseinheit mit einem eigenen Signalgenerator  $SO1$  bzw.  $SO2$  ausgerüstet ist. Dadurch entfällt die aufwendige Umschaltung mit der Umschalteinrichtung  $31$ , wodurch die Meßgeschwindigkeit erheblich erhöht werden kann. Da jedes Meßtor über einen eigenen Signalgenerator verfügt, können Mehrtonmessungen und Messungen an symmetrischen Meßobjekten leicht durchgeführt werden. Mehrtonmessungen dienen beispielsweise zur Erfassung der Intermodulation. Dabei werden zwei Tore des Netzwerkanalysators mit dem Eingang eines beispielsweise einen Verstärker darstellenden Meßobjekts verbunden und die Intermodulation kann am Ausgang des Meßobjekts untersucht werden.

Auch sogenannte "Hot"-S-Parametermessungen sind möglich. Darunter versteht man die Messung von Parametern bei voller Aussteuerung des Meßobjekts. Beispielsweise soll 5 die Ausgangsimpedanz eines Verstärkers im Betriebsfall gemessen werden. Dazu kann der Verstärker beispielsweise über das Tor T1 so mit einem Anregungssignal beaufschlagt werden, daß der Verstärker voll ausgesteuert ist. Über das zweite Tor T2 kann der S-Parameter  $S_{22}$  gemessen werden, 10 aus welchem die Ausgangsimpedanz des Verstärkers im voll ausgesteuerten Zustand berechnet werden kann.

Die einzelnen Anregungs-/Empfangseinheiten, die erfindungsgemäß zumindest mit einem eigenen Oszillator LO, 15 vorzugsweise zusätzlich mit einem eigenen Signalgenerator SO, versehen sind, können als vollständig eigenständige Funktionskomponenten ausgebildet werden, die nur über den Bus 25 mit der Steuereinrichtung 18 zu verbinden sind. Diese Funktionskomponenten können z.B. als Einschübe 20 ausgebildet sein, und ein gemeinsames Gehäuse kann entsprechend der Anzahl der benötigten Meßstore mit mehr oder weniger vielen Einschüben bestückt werden.

Zu erwähnen ist noch, daß der erfindungsgemäße Netzwerk- 25 analysator eine schnelle Kalibrierung ermöglicht, da die für die Kalibrierung notwendigen 1-Tor-Messungen parallel an jedem Tor vorgenommen werden können und die weiterhin erforderlichen 2-Tor-Messungen gleichzeitig paarweise an jeweils zwei Toren vorgenommen werden können.

30 Das erfindungsgemäße Konzept ist auf beliebig viele Meßstore erweiterbar. Es ermöglicht auch Messungen an Bus-Systemen und kann in einen Tester für Multiport-Waverprober integriert werden.

35 Hervorzuheben ist, daß der erfindungsgemäße Netzwerkanalysator eine so hohe Genauigkeit der Frequenz- und Phasensynchronisation der Signalgeneratoren und Oszillatoren ermöglicht, daß eine Systemfehlerkorrektur

möglich ist. Die Genauigkeit ist so hoch, daß jedes beliebige Tor als Referenztor verwendet werden kann.

Die Anregungs-/Empfangseinheiten können auch getrennt von  
5 einem Hauptgehäuse in der Nähe der Meßstellen des  
Meßobjekts als eigenständige Einheiten anordbar sein. Die  
Anregungs-/Empfangseinheiten sind vollständig autark und  
müssen lediglich über den Bus 25 insbesondere für  
10 Synchronisationszwecke mit der Steuereinheit 18 verbunden  
sein. Diese Verbindung kann entweder über ein verkabeltes  
Bussystem oder, besonders bevorzugt, über ein drahtloses  
Bussystem erfolgen.

Es sei nochmals betont, daß die erfindungsgemäße Weiter-  
15 bildung sich nicht nur auf Netzwerkanalysatoren bezieht,  
sondern auch in anderen Meßvorrichtungen sinnvoll ist.

### Ansprüche

1. Meßvorrichtung (1), insbesondere vektorieller  
 5 Netzwerkanalysator, der über zumindest zwei Tore (T1, T2)  
 mit einem Meßobjekt (DUT) verbindbar ist, mit  
 mehreren jeweils einem Tor (T1; T2) zugeordneten  
 Anregungs-/Empfangseinheiten ( $2_1$ ;  $2_2$ ), wobei wenigstens  
 10 eine Anregungs-/Empfangseinheit ( $2_1$ ;  $2_2$ ) einen Signal-  
 generator (S01; S02) aufweist, mit welchem das Meßobjekt  
 (DUT) mit einem Anregungssignal beaufschlagbar ist, und  
 jede Anregungs-/Empfangseinheit ( $2_1$ ;  $2_2$ ) zumindest eine  
 15 Empfangseinrichtung ( $9_1$ ,  $15_1$ ;  $9_2$ ,  $15_2$ ) aufweist, mit  
 jeweils einem mit einem Oszillatorsignal in Verbindung  
 stehenden Mischer ( $10_1$ ,  $14_1$ ;  $10_2$ ,  $14_2$ ), der das Anregungs-  
 signal oder das von dem zugeordneten Tor (T1; T2)  
 20 reflektierte Signal oder das zu dem zugeordneten Tor (T1;  
 T2) transmittierte Signal empfängt und in ein Zwischen-  
 frequenzsignal (IF Ref 1, IF Meas 1; IF Ref 2, IF Meas 2)  
 umsetzt,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß jede Anregungs-/Empfangseinheit ( $2_1$ ;  $2_2$ ) zumindest  
 einen eigenen und von dem Signalgenerator (S01; S02)  
 getrennten Oszillatator (LO1; LO2) aufweist, der das  
 25 Oszillatorsignal für die Mischer ( $10_1$ ,  $14_1$ ;  $10_2$ ,  $14_2$ ) der  
 Empfangseinrichtungen ( $9_1$ ,  $15_1$ ;  $9_2$ ,  $15_2$ ) dieser Anregungs-  
 /Empfangseinheit ( $2_1$ ;  $2_2$ ) erzeugt, wobei die Frequenz  
 ( $f_{LO1}$ ;  $f_{LO2}$ ) und/oder Phase ( $\phi_{LO1}$ ;  $\phi_{LO2}$ ) dieses Oszillatator-  
 30 signals unabhängig von der Frequenz ( $f_{LO2}$ ;  $f_{LO1}$ ) und/oder  
 Phase ( $\phi_{LO2}$ ;  $\phi_{LO1}$ ) der Oszillatorsignale der Oszillatoren  
 (LO2; LO1) der anderen Anregungs-/Empfangseinheiten ( $2_2$ ;  
 $2_1$ ) einstellbar ist.

2. Meßvorrichtung nach Anspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß jede Anregungs-/Empfangseinheit ( $2_1$ ;  $2_2$ ) zumindest  
 einen eigenen Signalgenerator (S01; S02) aufweist, der  
 jeweils ein Anregungssignal erzeugt, dessen Frequenz

( $f_{SO1}$ ;  $f_{SO2}$ ) und/oder Phase ( $\phi_{SO1}$ ;  $\phi_{SO2}$ ) unabhängig von der Frequenz ( $f_{SO2}$ ;  $f_{SO1}$ ) und/oder Phase ( $\phi_{SO2}$ ;  $\phi_{SO1}$ ) der Anregungssignale der Signalgeneratoren (SO2; SO1) der anderen Anregungs-/Empfangseinheiten ( $2_2$ ;  $2_1$ ) einstellbar ist.

3. Meßvorrichtung nach Anspruch 2,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
 daß die Frequenz ( $f_{SO1}$ ;  $f_{SO2}$ ) und/oder Phase ( $\phi_{SO1}$ ;  $\phi_{SO2}$ ) des Anregungssignals jedes Signalgenerators (SO1; SO2) unabhängig von der Frequenz ( $f_{LO1}$ ;  $f_{LO2}$ ) und/oder Phase ( $\phi_{LO1}$ ;  $\phi_{LO2}$ ) der Oszillatorsignale der Oszillatoren (LO1; LO2) einstellbar ist.

15 4. Meßvorrichtung nach Anspruch 3,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
 daß jede Anregungs-/Empfangseinheit ( $2_1$ ;  $2_2$ ) jeweils eine erste Empfangseinrichtung ( $15_1$ ;  $15_2$ ) mit einem ersten Mischer ( $14_1$ ;  $14_2$ ), der das von dem zugehörigen Tor (T1; T2) empfangene, von dem Meßobjekt (DUT) reflektierte oder durch das Meßobjekt (DUT) transmittierte Signal empfängt, und eine zweite Empfangseinrichtung ( $9_1$ ;  $9_2$ ) mit einem zweiten Mischer ( $10_1$ ;  $10_2$ ), der das von dem Signalgenerator (SO1, SO2) dieser Anregungs-/Empfangseinheit ( $2_1$ ;  $2_2$ ) erzeugte Anregungssignal empfängt, aufweist.

5. Meßvorrichtung nach Anspruch 4,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
 daß die Mischer ( $10_1$ ,  $14_1$ ;  $10_2$ ,  $14_2$ ) jeder Anregungs-/Empfangseinheit ( $2_1$ ;  $2_2$ ) von einem gemeinsamen Oszillatator (LO1; LO2) dieser Anregungs-/Empfangseinheit ( $2_1$ ;  $2_2$ ) mit einem gemeinsamen Oszillatorsignal versorgt werden.

35 6. Meßvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
 daß die Oszillatoren (LO1, LO2) und/oder Signalgeneratoren (SO1, SO2) der unterschiedlichen Anregungs-/Empfangseinheiten ( $2_1$ ,  $2_2$ ) über Steuerleitungen (19-22) entweder dezentral untereinander oder zentral über eine

Steuereinheit (18) verbunden sind und über die Steuerleitungen (19-22) eine Frequenz- und/oder Phasen-Synchronisation erfolgt.

- 5 7. Meßvorrichtung nach Anspruch 6,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß die Steuerleitungen (19-22) ein Bus-System (25), insbesondere ein LAN-Bus-System, bilden.
- 10 8. Meßvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß die Anregungs-/Empfangseinheiten ( $2_1$ ,  $2_2$ ) als Einschub-Einheiten ausgebildet sind, die in ein gemeinsames Gehäuse in der Anzahl variabel je nach Anzahl der benötigten Tore (T1, T2) einschiebbar sind.
- 15 9. Meßvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß die Anregungs-/Empfangseinheiten ( $2_1$ ,  $2_2$ ) als eigenständige Einheiten getrennt von einem Hauptgehäuse in der Nähe des Meßobjekts (DUT) anordbar sind.

### Zusammenfassung

Eine Meßvorrichtung (1), insbesondere ein vektorieller  
 5 Netzwerkanalysator, ist über zumindest zwei Tore (T1, T2) mit einem Meßobjekt (DUT) verbindbar und hat mehrere jeweils einem Tor (T1; T2) zugeordneten Anregungs-/Empfangseinheiten ( $2_1$ ;  $2_2$ ). Wenigstens eine Anregungs-/Empfangseinheit ( $2_1$ ;  $2_2$ ) hat einen Signalgenerator (SO1;  
 10 SO2), mit welchem das Meßobjekt (DUT) mit einem Anregungssignal beaufschlagbar ist. Jede Anregungs-/Empfangseinheit ( $2_1$ ;  $2_2$ ) hat zwei Empfangseinrichtungen ( $9_1$ ,  $15_1$ ;  $9_2$ ,  $15_2$ ), mit jeweils einem mit einem Oszillatorsignal in Verbindung stehenden Mischer ( $10_1$ ,  
 15  $14_1$ ;  $10_2$ ,  $14_2$ ), der das Anregungssignal oder das von dem zugeordneten Tor (T1; T2) reflektierte Signal oder das zu dem zugeordneten Tor (T1; T2) transmittierte Signal empfängt und in ein Zwischenfrequenzsignal (IF Ref 1, IF Meas 1; IF Ref 2, IF Meas 2) umsetzt. Jede Anregungs-/Empfangseinheit ( $2_1$ ;  $2_2$ ) weist erfindungsgemäß einen eigenen und von dem Signalgenerator (SO1; SO2) getrennten Oszillator (LO1; LO2) auf, der das Oszillatorsignal für die Mischer ( $10_1$ ,  $14_1$ ;  $10_2$ ,  $14_2$ ) der Empfangseinrichtungen ( $9_1$ ,  $15_1$ ;  $9_2$ ,  $15_2$ ) dieser Anregungs-/Empfangseinheit ( $2_1$ ;  
 20  $2_2$ ) erzeugt, wobei die Frequenz ( $f_{LO1}$ ;  $f_{LO2}$ ) und/oder Phase ( $\phi_{LO1}$ ;  $\phi_{LO2}$ ) des Oszillatorsignals unabhängig von der Frequenz ( $f_{LO2}$ ;  $f_{LO1}$ ) und/oder Phase ( $\phi_{LO2}$ ;  $\phi_{LO1}$ ) der Oszillatorsignale der Oszillatoren (LO2; LO1) der anderen Anregungs-/Empfangseinheiten ( $2_2$ ;  $2_1$ ) einstellbar ist.

30

(Fig. 1)

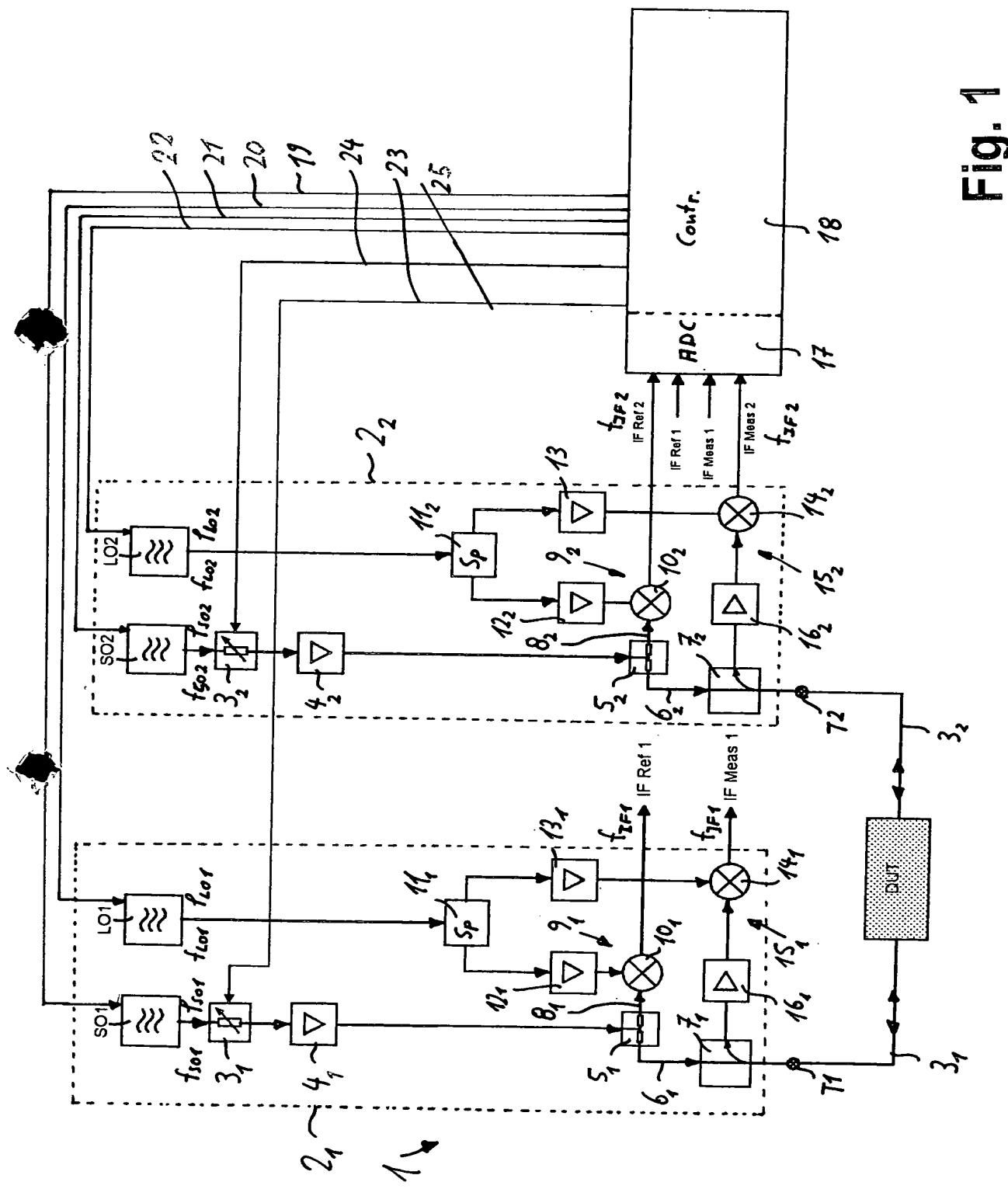


Fig. 1

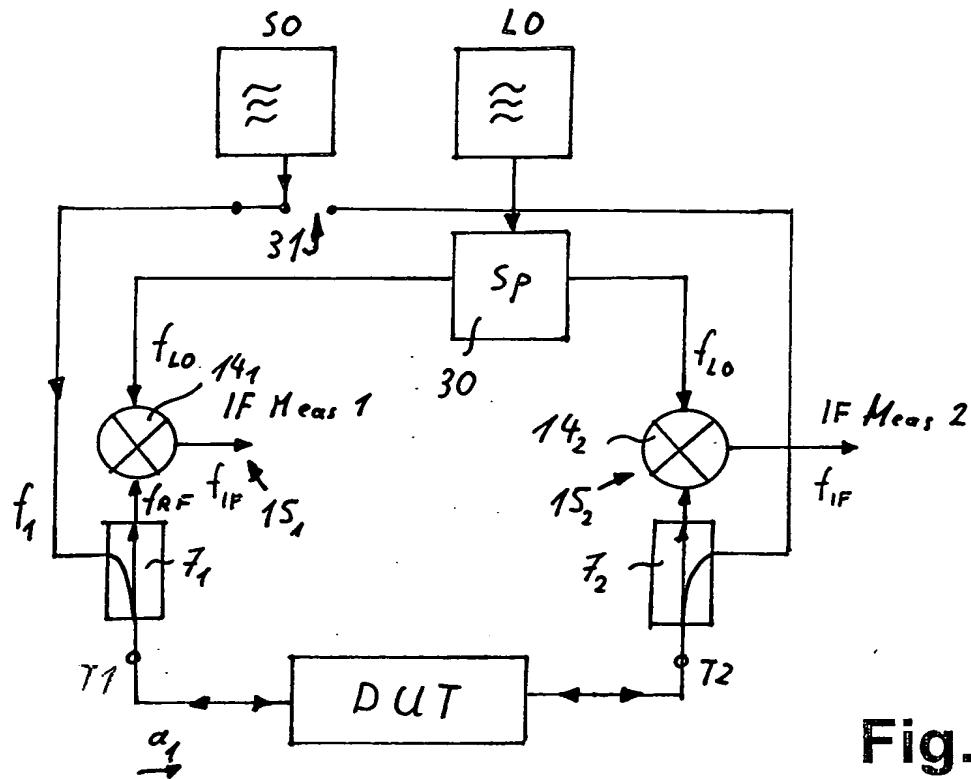


Fig. 2

Stand der Technik

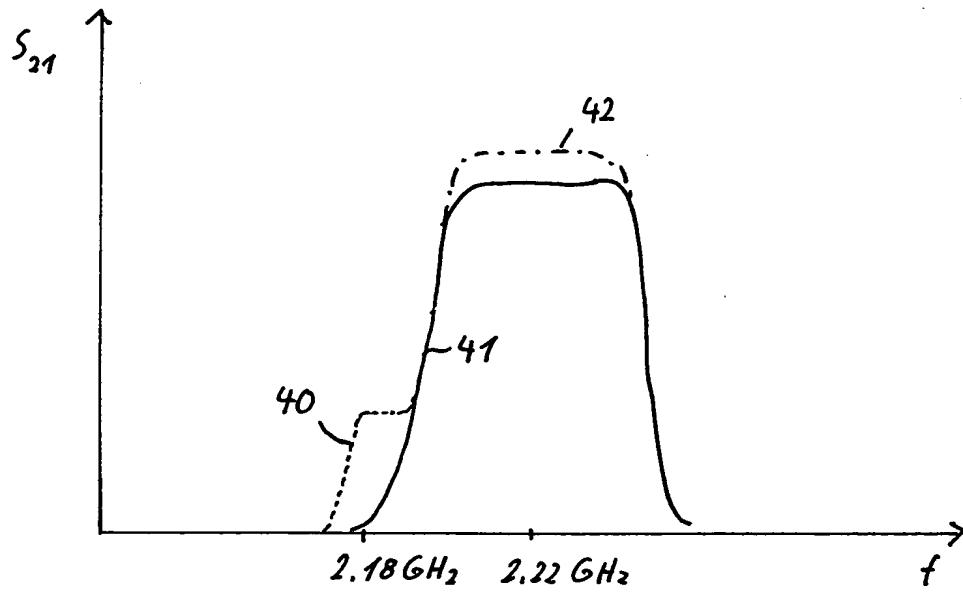


Fig. 3